

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-109441

(43)公開日 平成6年(1994)4月19日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 11/24		C 9108-2F		
G 0 6 F 15/60	4 0 0	A 7922-5L		
15/62	4 0 0	9287-5L		
15/64		M 9073-5L		
	3 2 5	G 9073-5L		

審査請求 未請求 請求項の数1(全 6 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平4-259707

(22)出願日 平成4年(1992)9月29日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 渡辺 睦

大阪府大阪市中央区本町4丁目2番12号

株式会社東芝関西支社内

(72)発明者 八木 稔

大阪府大阪市中央区本町4丁目2番12号

株式会社東芝関西支社内

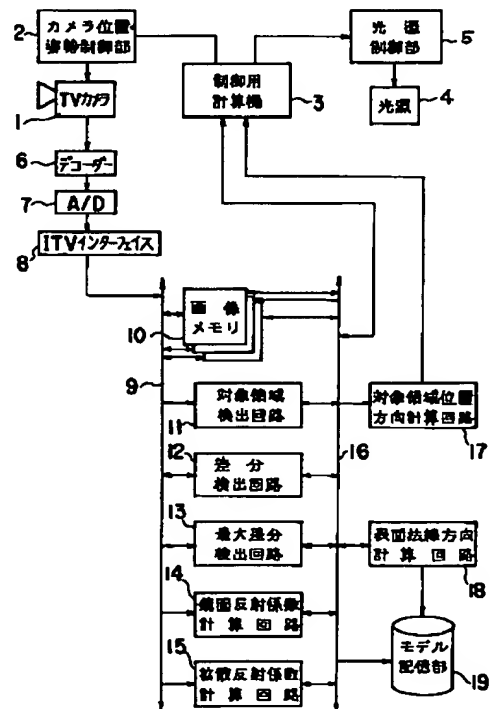
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 モデル入力装置

(57)【要約】

【目的】本発明は、照明条件や表面反射に対する制限を除去し、カメラを用いて対象のモデル入力を簡単に行うことができるモデル入力装置を提供する。

【構成】光源制御部5によりオンオフされる光源4の点灯前後のテレビカメラ1の画像の差分から環境光を除去した反射成分を求め、光源を固定し且つカメラ制御部2によりテレビカメラ1を入力対象領域から等距離を保って動かすことでテレビカメラ1の初期位置と現在位置の画像の差分から鏡面反射成分を求め、テレビカメラ1から得られる初期位置と現在位置の画像の差分が最大になるカメラ位置方向と光源位置方向の2等分線から表面法線方向を求め、さらに入力対象領域に対向して設けられたテレビカメラ1と光源4の関係を維持した異なる位置で光源1を点灯した時のテレビカメラ1から得られる画像の差分から拡散反射成分を求めるようにしている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 テレビカメラと、

このテレビカメラの入力対象領域に対する位置および方向を制御するカメラ制御手段と、
光源と、

この光源の入力対象領域に対する位置を制御するとともにそのオンオフを制御する光源制御手段と、

この光源制御手段によりオンオフされる前記光源の点灯前後の前記テレビカメラよりそれぞれ得られる画像の差分から環境光を除去した前記光源の反射成分を求める手段と、

前記光源を固定し且つ前記カメラ制御手段により前記テレビカメラを前記入力対象領域から等距離を保って動かすことにより前記テレビカメラから得られる初期位置と現在位置での画像の差分から拡散反射成分を除去した鏡面反射成分を求める手段と、

前記テレビカメラから得られる初期位置と現在位置での画像の差分が最大になる前記カメラ位置方向と光源位置方向の2等分線から前記入力対象領域の表面法線方向を求める手段と、

前記カメラ制御手段および光源制御手段により前記入力対象領域に対し前記テレビカメラと前記光源を対向して配置するとともに、これら関係を維持した異なる位置を設定することによりこれら各位置で前記光源を点灯した時に前記テレビカメラから得られる画像の差分から鏡面反射成分を除去した拡散反射成分を求める手段とを具備したことを特徴とするモデル入力装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、例えば3次元CADやコンピュータグラフィックスにおいてモデルを自動入力するのに用いられるモデル入力装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 最近、工業製品の設計を支援するための3次元CADやコンピュータグラフィックスを用いて映像を作成する技術が盛んに利用されるようになってきている。

【0003】 ところで、これらの技術では、対象モデルについて映像を作成するには、対象モデルの形状および表面の状態に関する情報を計算機に入力することが必要になるが、従来では、これら情報の入力、人間が多く40の労力を掛けて行っており、その自動化が強く望まれていた。そこで、従来、レンジファインダと呼ばれる距離映像装置を用いることにより、対象モデルの形状についての情報を自動入力するシステムが考えられている。

【0004】 しかし、このシステムを採用すると、対象モデルの表面の色や模様などの表面状態の情報を同時に入力したい場合には、テレビカメラ画像が使用されるが、ここでは形状に関する情報と、画像情報という異種情報を取り扱うために、これら情報同士を統合するのに面倒な処理を必要とする問題が発生し、その実現が困難

であった。一方、テレビカメラ画像のみを用いてモデル対象の形状（表面の法線方向）を推定する手法としてshape from shading方式が提案されている。

【0005】 この方式を用いれば、対象モデルの形状情報を表面情報と同じテレビカメラ画像から得られるようになるため、上述のレンジファインダを用いた装置に比べ簡便にモデル入力が行えるという利点がある。

【0006】 ところが、従来提案されている方式では、制御された単一照明の下でのみ適応可能とするものであるため、例えば、一般の屋内のように環境光が存在するような場合は、モデル入力として用いることができなかった。また、対象モデルの表面状態に対して拡散反射のみを仮定していることから、表面に艶のある陶器のように鏡面反射成分を有する対象については適用することができないという問題点もあった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 このように従来のshape from shading方式を採用したものでは、一般の屋内環境でモデル入力として用いることが困難であり、また、対象モデルの表面に艶のある陶器のように鏡面反射成分を有する対象について適用できないという問題点があった。

【0008】 本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、照明条件や表面反射に対する制限を取り除くことができ、テレビカメラを用いて対象のモデル入力を簡単に行うことができるモデル入力装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明は、テレビカメラと、このテレビカメラの入力対象領域に対する位置および方向を制御するカメラ制御手段と、光源と、この光源の入力対象領域に対する位置を制御するとともにそのオンオフを制御する光源制御手段と、この光源制御手段によりオンオフされる光源の点灯前後のテレビカメラよりそれぞれ得られる画像の差分から環境光を除去した光源の反射成分を求める手段と、光源を固定し且つカメラ制御手段によりテレビカメラを入力対象領域から等距離を保って動かすことによりテレビカメラから得られる初期位置と現在位置での画像の差分から拡散反射成分を除去した鏡面反射成分を求める手段と、テレビカメラから得られる初期位置と現在位置での画像の差分が最大になるカメラ位置方向と光源位置方向の2等分線から入力対象領域の表面法線方向を求める手段と、カメラ制御手段および光源制御手段により入力対象領域に対しテレビカメラと光源を対向して配置するとともに、これら関係を維持した異なる位置を設定することによりこれら各位置で光源を点灯した時にテレビカメラから得られる画像の差分から鏡面反射成分を除去した拡散反射成分を求める手段により構成されている。

【0010】

3

【作用】この結果、本発明によれば、光源の点灯前後にテレビカメラよりそれぞれ得られる画像の差分から環境光を除去した反射成分を抽出するようにしたので、屋内などで環境光が存在していてもモデル入力が可能になる。また、この反射成分には鏡面反射成分と拡散反射成分が混在しているが、これら成分を分離して抽出できるようにしていることから、モデル入力として従来扱えなかった鏡面反射を有する対象にも適用することができ

【0011】

$$R(\Omega) = C_d(L \cdot N) + C_s \cdot f(L', V, \dots) + C_{amb} \cdot g(\Omega)$$

【0013】ここで、 C_d 、 C_s は、それぞれ拡散反射係数、鏡面反射係数（定数）である。また、 C_{amb} は、環境光の割合を表す値で、他の物体との間接反射などにより与えられるものであり、物体が孤立して環境照明が十分に離れた位置にあると仮定すると、環境照明による拡散、鏡面反射の影響が小さくなり、環境光として取り扱われる。また、 $(L \cdot N)$ はベクトルの内積を表し、 $f(\)$ は鏡面反射を表す関数である。そして、実験結果とよく一致し、しかもコンピュータグラフィクスにおける画像生成に適用されるphongの関数を用いると、 $f(\)$ は $(L' \cdot V)^n$ で与えられる。ここで n は定数である。

【0014】従って、環境光に影響されないモデル入力を可能にするには、光源LMによる入力用照明の対象の入力領域 Ω に対する反射成分のみを求めればよいことになり、これには、光源LMの点灯前後の画像を求め、これら画像の差をとることにより環境光を除去すればよいことになる。この反射成分には、拡散反射成分と鏡面反

$$RV1(\Omega) - RV2(\Omega)$$

$$= C_s \cdot (f(L', V1, \dots) - f(L', V2, \dots))$$

となるが、ここで、 $f(\)$ としてphongの関数を用いると、(2)式は、

$$= C_s \cdot ((L' \cdot V1)^n - (L' \cdot V2)^n)$$

【0017】となる。そして、この状態から、一方の視線方向 $V1$ を固定し、他方の視線方向 $V2$ を動かして、

(2')式が最大となる時の視線方向 $V2$ を求めると、これが照明方向 L と対称的な方向 L' と一致することになる。これにより、照明方向 L と $V2_{max}$ ($=L'$)の2等分線方向が表面法線方向 N として求められ、同時に鏡面反射係数 C_s が求められることになる。

【0018】また、図3は鏡面反射成分を除去する方法を説明するもので、この場合、図2と同様に観測方向として2つの視線方向 $V3$ 、 $V4$ 上で、且つ対象の領域 Ω から等距離 D の位置にカメラ $CM3$ 、 $CM4$ をそれぞれ配置し、また、光源 $LM3$ 、 $LM4$ による照明方向 L

$$RV1(\Omega) - RV2(\Omega) = D_d \cdot ((N \cdot V3) - (N \cdot V4))$$

4

【実施例】以下、本発明の一実施例を図面に従い説明する。まず、本発明の考え方を説明する。

【0012】図1は物体の表面反射の様子を示す模式図で、対象の入力領域 Ω の単位表面法線ベクトルを N 、光源 LM に対する方向、つまり照明方向の単位ベクトルを L 、カメラ CM からの観測方向の単位ベクトルを V とし、また、 N に対して L と対称的な方向、つまり角度 θ の方向の単位ベクトルを L' としている。この状態で、領域 Ω における反射輝度を照明照度で正規化した反射率方程式は、下式で与えられる。

10

... (1)

射成分とが混在している。ここで、鏡面反射が最も強く観測されるのは、 V と L' が一致したとき、つまり物体表面の法線方向に対して光源 LM の位置方向と対象な方向にカメラ CM の観測位置がある場合で、この関係から互いの方向がずれると、これに従って鏡面反射の影響は指数的に減衰するようになる。次に、このようにして環境光を除去した反射成分を用いてモデル入力を行うには、拡散反射成分と鏡面反射成分を分離することが必要である。

【0015】図2は、拡散反射成分を除去するための方法を説明するもので、この場合、観測方向として2つの視線方向 $V1$ 、 $V2$ 上で、且つ対象の領域 Ω から等距離 D の位置にカメラ $CM1$ 、 $CM2$ をそれぞれ配置する。そして、これらカメラ $CM1$ 、 $CM2$ で観測された反射成分を $RV1$ 、 $RV2$ としたとき、これら反射成分 $RV1$ と $RV2$ の差を取る。すると、拡散反射成分は、視線方向 $V1$ 、 $V2$ に関係なく光源 LM と表面法線方向で決まる量であるため打ち消され0になる。従って、

20

30

$$RV1(\Omega) - RV2(\Omega)$$

【0016】

$$= C_s \cdot ((L' \cdot V1)^n - (L' \cdot V2)^n)$$

... (2')

3、 $L4$ をそれぞれ視線方向 $V3$ 、 $V4$ に一致させて配置している。

40

【0019】ここで、phongの関数における鏡面反射は、図1で説明したように視線方向 V と照明方向 L の表面法線 N に対する対象ベクトルのなす角度に依存するため、視線方向 $V3$ にカメラ $CM3$ を置いて視線方向 $V4$ 側の光源 $LM4$ を点灯した場合と、視線方向 $V4$ にカメラ $CM4$ を置いて視線方向 $V3$ 側の光源 $LM3$ を点灯した場合とでそれぞれカメラ $CM3$ 、 $CM4$ で得られる鏡面反射は等しくなる。従って、これらの反射の差をとると、

になり、図2で述べた鏡面反射係数 C_s 推定の際に求められる表面法線方向 N の値を用いることで拡散反射係数 C_d が求められることになる。

【0020】従って、これらから、表面法線方向 N 、鏡面反射係数 C_s および拡散反射係数 C_d がそれぞれ求められることになる。図4は、このような考えを実現するためのモデル入力装置の概略構成例を示すものである。

【0021】図において、1は対象の入力すべき領域を注視するテレビカメラで、このカメラ1はカメラ位置・姿勢制御部2により入力すべき対象領域に対する位置および方向が制御され、また、入力すべき対象をカメラ1の視野の中心に収めるように制御されるようになっている。この場合、カメラ位置・姿勢制御部2は、制御用計算機3の指示により動作される。

【0022】一方、4は入力すべき対象領域を照明する光源で、この光源4は光源制御部5により対象の入力すべき領域に対する位置が制御されるとともに、そのオン／オフ制御も制御されるようになっている。この場合の光源制御部5も制御用計算機3の指示により動作される。

【0023】そして、テレビカメラ1から出力される画像信号は、デコーダ6、A/D変換器7、ITVインターフェイス8を介して画像バス9に送られ、画像メモリ10に格納されるようにしている。

【0024】この場合、画像バス9には、画像メモリ10の他に、対象領域検出回路11、差分検出回路12、最大差分検出回路13、鏡面反射係数計算回路14、拡散反射係数計算回路15を接続している。また、これら各回路10～15は、制御バス16に接続され、制御用計算機3からの指示により制御されるようにしている。また、制御バス16には、対象領域位置方向計算回路17、表面法線計算回路18およびモデル記憶部19を接続している。

【0025】ここで、対象領域検出回路11は、画像メモリ10に入力された画像から現在のカメラ位置の対象領域を検出し、対象領域位置方向計算回路17は、対象領域検出回路11で検出された対象領域に対する位置・方向を求め、これを現在のカメラ位置・方向情報として制御用計算機3に与えるようにしている。

【0026】差分検出回路12は、異なる画像より反射成分の差分を検出するものである。また、最大差分検出回路13は、異なる画像より反射成分の差分の最大のものを検出するものである。そして、鏡面反射係数計算回路14は、鏡面反射係数を計算し、拡散反射係数計算回路15は、拡散反射係数を計算し、さらに表面法線方向計算回路18は、表面法線を計算するようになっている。次に、このように構成された実施例の動作を説明する。

【0027】この場合、テレビカメラ1より入力された画像は、デコーダ6、A/D変換器7、ITVインターフェイス8を介して画像バス9に送られ、画像メモリ群10に格納される。

【0028】この状態で、画像メモリ群10に入力された画像から対象領域検出回路11および対称領域位置・方向計算回路17により対象領域に対する現在のカメラ1の位置および方向が求められ、現在カメラ位置・方向情報として制御用計算機3に送られる。すると、制御用計算機3の指示がカメラ位置・姿勢制御部2および光源制御部5に与えられ、カメラ1および光源4の位置および方向がそれぞれ確定され、この時点から制御用計算機3より制御バス16に、モデル作成処理指令が与えられ、以下述べるような所定の処理が実行される。

【0029】この場合、最初に、光源制御部5により光源4のオン／オフ制御を行い、光源4の点灯前後のテレビカメラ1からの画像を画像メモリ群10に格納する。そして、これら画像を差分検出回路12に与え、その差分を求めることで、環境光を除去した光源4の反射成分が得られるようになる。次に、このように環境光を除去した反射成分より拡散反射成分と鏡面反射成分を分離する。

【0030】これには、まず、図2で述べた考え方にしたがって、拡散反射成分を除去する。この場合、光源4を固定し、テレビカメラ1を対象領域から等距離を保って動かすように制御する。そして、初期のカメラ位置（図2のCM1の位置）と現在のカメラ位置（図2のCM2の位置）のそれぞれのテレビカメラ1からの画像を画像メモリ群10に格納する。そして、これら画像を差分検出回路12に与え、その差分を求めることにより拡散反射成分を除去する。そして、鏡面反射係数計算回路14により鏡面反射係数を計算し、この結果をモデル記憶部19に格納するようになる。また、これと同時に、最大差分検出回路13により、初期カメラ位置と最も反射成分の差が大きくなるカメラ位置を求め、この結果を表面法線方向計算回路18に与え、ここで、カメラ方向と照明方向の2等分線の傾きを計算することにより、入力対象領域の表面法線方向を求め、この結果をモデル記憶部19に格納するようになる。

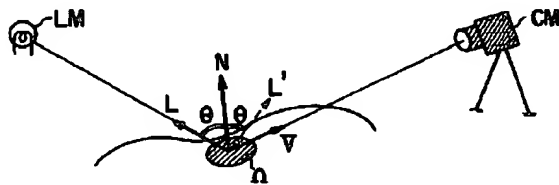
【0031】次に、図3で述べた考え方にしたがって鏡面反射成分を除去する。この場合、入力対象領域に対しカメラ1と光源4を対向して配置する（図3のCM3とLM4の関係）。そして、この状態を初期位置として光源4を点灯した時のテレビカメラ1からの画像を画像メモリ群10に格納する。また、カメラ1と光源4の関係を維持したまま所定位置に移動し（図3のCM4とLM3の関係）、これを現在位置として光源4を点灯した時のテレビカメラ1からの画像を画像メモリ群10に格納する。そして、これら画像を差分検出回路12に与え、

その差分を求めることにより鏡面反射成分を除去する。そして、拡散反射係数計算回路15により拡散反射係数を計算し、この結果をモデル記憶部19に格納するようになる。

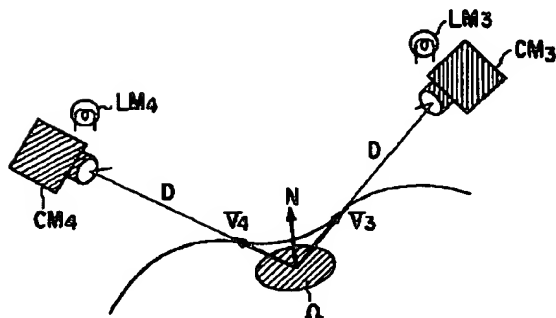
【0032】従って、このようにすれば対象領域に対する光源の点灯前後の画像をテレビカメラより求め、これら画像の差をとることにより環境光を除去した反射成分のみを求め、この反射成分より図2および図3で述べた考え方にしたがって拡散反射成分と鏡面反射成分を分離することにより、入力対象領域の表面法線方向、鏡面反射係数、拡散反射係数を生成するようにしたので、屋内環境でのモデル入力が可能になるとともに、鏡面反射と拡散反射を分離して抽出するため、従来扱えなかった対象モデルの表面に艶のある陶器のように鏡面反射を含む表面情報をも得られるようになり、これにより3次元CADやコンピュータグラフィックスにおける映像作成のためのモデル入力を効率的に行うことができるようになる。

【0033】なお、本発明は、上記実施例にのみ限定されず、要旨を変更しない範囲で適宜変形して実施できる。例えば、上述の実施例では、テレビカメラおよび光源をそれぞれの制御部により独立して制御するようにしたが、テレビカメラと光源を一体化したものを複数組用意して制御することにより、さらに高速にモデル入力を行うことができる。また、鏡面反射を表す関数として、本実施例ではphongの関数を用いたが、これに限定されことなく照明方向、観測方向についての一価関数であり表面法線に対する照明方向と対象な方向 L' で最大値をとるものなら他のものを適用することも可能である。

【図1】



【図3】



【0034】

【発明の効果】本発明によれば、光源の点灯前後にテレビカメラよりそれぞれ得られる画像の差分から環境光を除去した反射成分を抽出するようにしたので、従来の単一照明下という限定を外し、屋内などで環境光が存在していてもモデル入力が可能になる。また、反射成分には鏡面反射成分と拡散反射成分が混在しているが、これら成分を分離して抽出するようにしているので、モデル入力として従来扱えなかった鏡面反射を有する対象にも適用することができる。そして、モデルとして得られた表面法線方向、鏡面反射係数、拡散反射係数の値を用いてコンピュータグラフィックスの映像作成を容易に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の考え方を説明するための図。

【図2】本発明の考え方を説明するための図。

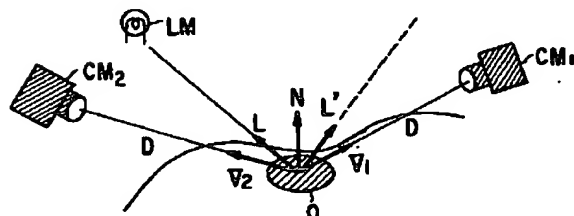
【図3】本発明の考え方を説明するための図。

【図4】本発明の一実施例を示す概略的構成図。

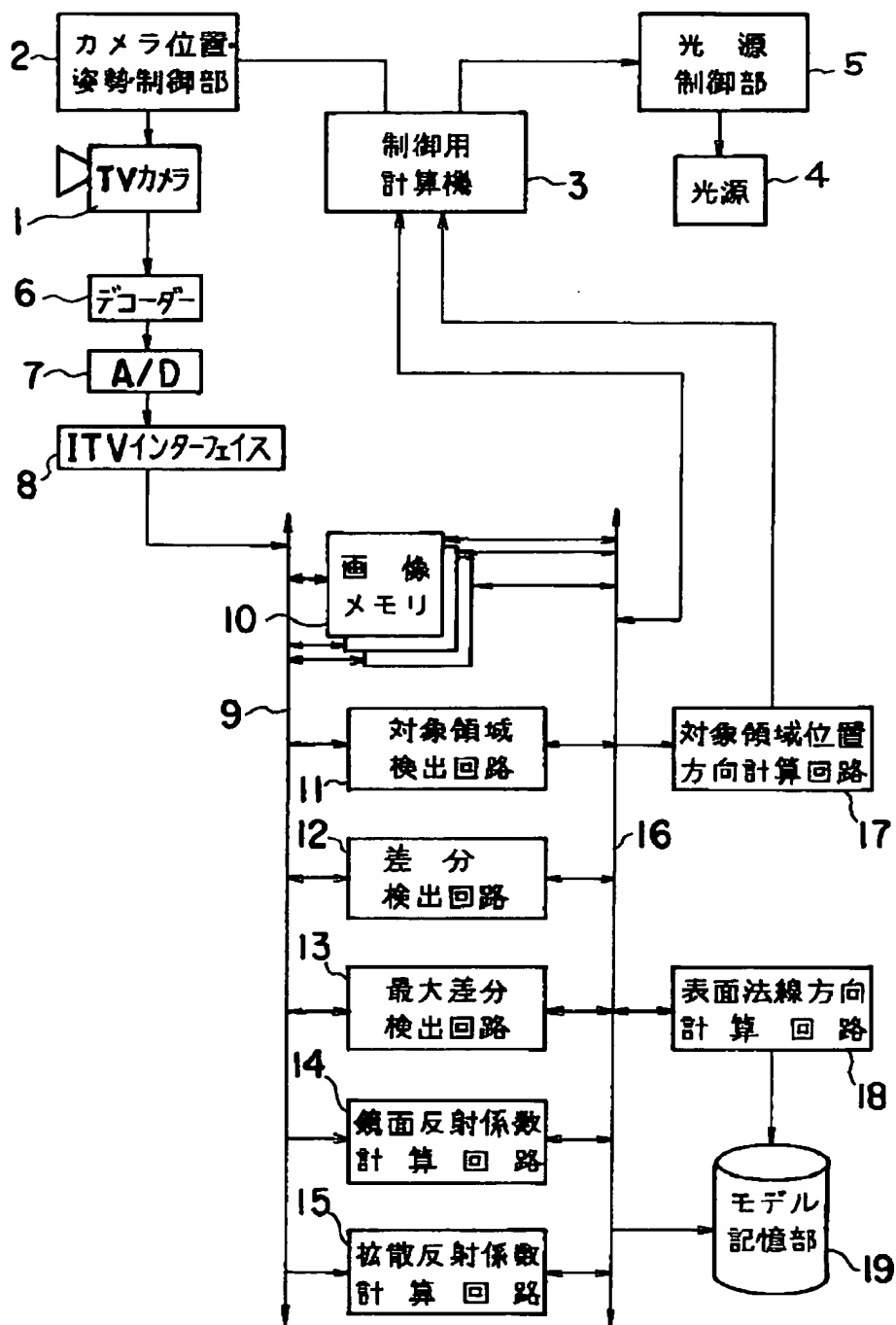
【符号の説明】

1…テレビカメラ、2…カメラ位置・姿勢制御部、3…制御用計算機、4…光源、5…光源制御部、6…デコーダ、7…A/D変換器、8…ITVインターフェイス、9…画像バス、10…画像メモリ、11…対象領域検出回路、12…差分検出回路、13…最大差分検出回路、14…鏡面反射係数計算回路、15…拡散反射係数計算回路、16…制御バス、17…対象領域位置方向計算回路、18…表面法線方向計算回路、19…モデル記憶部。

【図2】



【図4】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 5

H 0 4 N 1/40

識別記号 庁内整理番号

1 0 1 Z 9068-5C

F I

技術表示箇所